



TITLE:

Discrimination of “Hot Potato Voice” Caused by Upper Airway Obstruction Utilizing a Support Vector Machine(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Fujimura, Shintaro

CITATION:

Fujimura, Shintaro. Discrimination of “Hot Potato Voice” Caused by Upper Airway Obstruction Utilizing a Support Vector Machine. 京都大学, 2020, 博士(医学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r13325>

RIGHT:

京都大学	博士（医学）	氏 名	藤村 真太郎
論文題目	Discrimination of “Hot Potato Voice” Caused by Upper Airway Obstruction Utilizing a Support Vector Machine (サポートベクトルマシンを用いた上気道狭窄により生ずる「含み声」の判別)		
(論文内容の要旨)			
<p>音声にはその生成器官である声帯を含む上気道の様々な情報が含まれている。一例として、急性喉頭蓋炎や喉頭浮腫等により高度な上気道狭窄をきたした場合に生ずる「含み声」と呼ばれる特徴的な音声があるが、その音響学的特徴についてはこれまで解明されていなかった。本研究では、音声の生成モデルを考えた場合に「含み声」の特徴は声道の形態変化による音声のスペクトル包絡の変化として表れるという仮説を立てこれを検証するとともに、サポートベクトルマシン(SVM)と呼ばれる機械学習の手法を用いることで「含み声」を判別できることを示した。</p> <p>症例数の限られた上気道狭窄の音声サンプルからその特徴を解析することは困難であるため、まず調音合成モデルを用いた「含み声」生成のシミュレーションを行った。Sondhi らの提唱した継続行列による計算手法を用いて円筒管の連結で表される声道の周波数伝達関数を求め、中咽頭にあたる領域を基準となる日本語母音の声道断面積から0.01cm²まで漸次狭窄させた際に起きるスペクトル包絡の変化を調べた。スペクトル包絡の特徴量としてフォルマントに注目すると、日本語母音[e]の場合には咽頭の狭窄とともに第2フォルマント周波数が低下し第1フォルマントに近接する変化が見られた。高次のフォルマント周波数の変化は狭窄の部位により異なる結果となり、披裂部直上付近の咽頭狭窄では変化が見られなかったのに対し、喉頭蓋先端付近の狭窄では第5フォルマント周波数が低下し、口蓋扁桃付近の狭窄では第4、6フォルマント周波数の低下を認めた。</p> <p>上記で求めた声道伝達関数に基づくフィルタに喉頭原音にあたる信号波形を入力し、合成音声を作成した。中咽頭領域の声道断面積を無作為の量で狭窄させた合成音声約400サンプルを含むデータセットを作成し、5人の耳鼻咽喉科医師にこれを聴取させ、各音声が「含み声」として聴取されるかどうか判定したところ、「含み声」として聴取される声道断面積閾値の平均は0.15cm²であり、非常に高度な咽頭の狭窄が必要であることが分かった。</p> <p>次に合成音声を教師データとして機械学習モデルを学習させ、臨床症例の実音声サンプルについて咽頭狭窄の判別実験を行った。中咽頭領域の声道断面積を変化させた日本語母音[e]の合成音声2,200サンプルを作成し、スペクトル包絡の特徴量として12次元のMel-Spectrum Frequency Cepstral Coefficient(MFCC)に変換した。これを教師データとして適宜声道断面積閾値を設定し、咽頭狭窄の有無についての2値判別問題としてSVMに学習させた。急性喉頭蓋炎、咽頭腫瘍等を含む咽喉頭狭窄症例12例と、正常6例の日本語母音[e]の音声をMFCCに変換し、学習済みのSVMに狭窄の有無を判別させた。狭窄と判別する閾値を0.23cm²と設定した場合に、88.3%の正解率が得られた。本手法をスマートフォン等の携帯用機器に実装することで、気道閉塞の恐れのある上気道狭窄を患者音声から簡便に診断することが可能となり、救急診療や遠隔医療におけるスクリーニング検査として活用できる可能性がある。</p>			

<p>携帯用機器を用いた音声障害の評価をさらに幅広い疾患の診断に役立てるため、新しい特徴量となる喉頭雑音指標 Rart を開発した。これは音声信号を基本周期の倍の長さを一単位とした波形の繰り返しであると仮定し、フーリエ級数展開することにより算出した調和成分対雑音比の一種であるが、基本周期算出に用いるゼロクロス点検出法を工夫し、極めて短時間の波形をもとに計算可能とすることで雑音ロバスト性を獲得し、時系列データを得られるようにしたものである。今後これらの指標や深層学習等の機械学習法を組み合わせることで、新しい音声障害の評価法および病態診断法の開発につながると考えている。</p> <p>(論文審査の結果の要旨)</p> <p>高度な上気道狭窄により生ずる「含み声」の音響学的特徴はこれまで解明されていなかった。</p> <p>本研究では、調音合成モデルを用いて「含み声」の生成をシミュレーションし、各日本語母音について中咽頭領域の声道断面積を正常から 0.01cm²まで漸次狭窄させた際のスペクトル包絡の変化を調べた。[e]の例では咽頭の狭窄とともに第 2 フォルマント周波数が低下し、高次フォルマント周波数の変化は狭窄部位により異なる結果となった。また中咽頭領域を無作為の量で狭窄させた合成音声約 400 サンプルを 5 名の耳鼻咽喉科医師に聴取させ、「含み声」として聴取される声道断面積閾値を評価したところ、その平均は 0.15cm²と非常に高度な狭窄を要した。</p> <p>次に中咽頭領域の声道断面積を変化させた [e]の合成音声 2,200 サンプルを作成、狭窄とみなす声道断面積閾値を適宜設定し 12 次元のメル周波数ケプストラム係数(MFCC)を入力特徴量とするサポートベクトルマシン(SVM)に学習させた。咽喉頭狭窄症例 12 例、正常 6 例の[e]の音声を学習済み SVM に入力し狭窄の有無を判別させたところ、閾値を 0.23cm²とした場合に 88.3%の正解率が得られた。</p> <p>本研究では、含み声が特徴的なフォルマント構造を持つことが明らかにされ、また機械学習の手法によりこれを判別できる可能性が示された。上気道狭窄により生ずる音声症状の特徴と生成機序を解明し、さらにモデルを精緻化することにより音声を基にした上気道狭窄の新しい検査、診断法開発への貢献が期待される。</p> <p>したがって、本論文は博士（医学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、本学位授与申請者は、令和 2 年 1 月 16 日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。</p>
要旨公開可能日： 年 月 日 以降